

Tilburg University

De waardering van aandelenwarrants en langlopende call-opties

Veld, C.H.; Verboven, A.H.F.

Publication date:
1990

[Link to publication in Tilburg University Research Portal](#)

Citation for published version (APA):

Veld, C. H., & Verboven, A. H. F. (1990). *De waardering van aandelenwarrants en langlopende call-opties*. (Research memorandum / Tilburg University, Department of Economics; Vol. FEW 428). Unknown Publisher.

General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal

Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

CBM
R

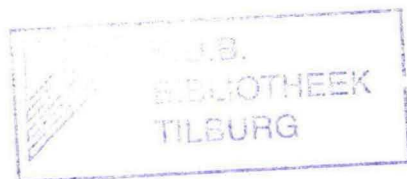
7626
1990
428

UNIVERSITY
- E
UNIVERSITEIT
BRABANT

POSTBOX 90153
5000 LE TILBURG
THE NETHERLANDS



DEPARTMENT OF ECONOMICS
RESEARCH MEMORANDUM

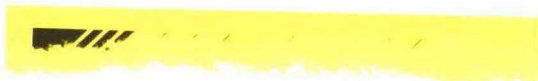


**DE WAARDERING VAN AANDELENWARRANTS EN
LANGLOPENDE CALL-OPTIES**

Drs. C.H. Veld
Drs. A.H.F. Verboven

FEW 428

R 1
336 763.2



DE WAARDERING VAN AANDELENWARRANTS EN LANGLOPENDE CALL-OPTIES.

Drs. C.H. Veld en Drs. A.H.F. Verboven¹.

1. Inleiding.

In dit artikel zal aandacht worden geschonken aan de waardering van Nederlandse aandelenwarrants en call-opties. Reeds eerder is door Veld (1989a) gesignaleerd dat bij de prijsvorming van bepaalde warrants en opties met een lange looptijd, die beide betrekking hebben op hetzelfde aandeel, zeer aanzienlijke verschillen kunnen optreden. Het doel van deze bijdrage is een systematisch empirisch onderzoek te verrichten naar de prijsvorming van warrants in relatie met die van langlopende opties. Allereerst zal in paragraaf 2 in detail worden ingegaan op de mogelijke verschillen tussen warrants en (langlopende) opties. In de daarop volgende paragraaf wordt een directe vergelijking gepresenteerd van een warrant en een optie die in nagenoeg ieder opzicht gelijk zijn. In de paragrafen 4 en 5 wordt het door ons verrichte onderzoek naar waarderingsverschillen tussen warrants en opties nader uitgelegd. Nadat in paragraaf 6 een aanzet voor mogelijke theoretische verklaringen van de geconstateerde verschillen is gegeven, zal in de slotparagraaf een aantal concluderende opmerkingen worden opgenomen.

2. Verschillen tussen aandelenwarrants en call-opties.

Een aandelenwarrant, in het vervolg kortweg aangeduid als warrant, vertegenwoordigt het recht om gedurende een bepaalde

¹ De auteurs zijn verbonden aan de sectie Ondernemingsfinanciering van de Katholieke Universiteit Brabant. Zij danken Prof Dr H.G. Barkema, Drs P.J.W. Duffhues en Prof Dr P.W. Moerland voor hun commentaar op een eerdere versie van dit artikel.

periode (de uitoefeningsperiode) en tegen een bepaalde prijs (de uitoefeningsprijs) één of meer aandelen van de emitterende onderneming te mogen kopen. Uit de definitie van een aandelenwarrant blijkt de overeenkomst met een call-optie. Een call-optie is eveneens een kooprecht op aandelen met een tevoren vastgestelde uitoefeningsprijs en uitoefeningsperiode. Op de European Options Exchange (EOE) worden op aandelen call-opties verhandeld, waarvan de looptijd ofwel maximaal 9 maanden kan zijn (kortlopende opties), ofwel maximaal 5 jaar (langlopende opties). Overigens is de EOE de enige optiebeurs in de wereld waar langlopende opties worden verhandeld. Het ligt voor de hand, gezien de looptijden van nagenoeg alle verhandelde warrants, een parallel te trekken tussen warrants en langlopende call-opties.

Behalve de uit de definitie volgende overeenkomsten zijn er ook een aantal verschillen te noemen tussen warrants en langlopende opties. Voor een uitgebreide bespreking van deze verschillen verwijzen wij naar Veld (1989a). In het onderhavige artikel zullen wij ons beperken tot de belangrijkste verschillen. Het meest pregnante verschil tussen warrants en call-opties is dat uitoefening van de warrant leidt tot vergroting van het geplaatste aandelenvermogen. Uitoefening van een call-optie daarentegen betekent alleen maar een overdracht van bestaande aandelen. Een hiermee samenhangend punt van betekenis is dat de uitoefening van het in de warrants belichaamde recht gewoonlijk leidt tot 'verwatering' van de winst per aandeel, het dividend per aandeel, de intrinsieke waarde per aandeel en de zeggenschapsverdeling. Deze verwatering treedt op doordat het aantal uitstaande aandelen toeneemt als gevolg van de uitoefening van warrants. [Verwatering van de intrinsieke waarde per aandeel treedt alleen op wanneer de uitoefeningsprijs van de warrant beneden de intrinsieke waarde vlak voor de uitoefening ligt.] Galai en Schneller (1978) hebben aangetoond dat het effect van potentiële verwatering

niet verschilt voor warrants en call-opties die zijn geschreven op het zelfde aandeel. In dat geval zal namelijk het eventuele verwateringseffect in de prijs van het onderliggende aandeel zijn begrepen. Deze aandeeleprijs is op zijn beurt een determinant van zowel de waarde van de warrant als die van de optie. Aangezien wij in ons onderzoek alleen warrants en call-opties geschreven op hetzelfde aandeel zullen vergelijken zullen wij verder niet ingaan op het verwateringseffect.

Een ander belangrijk verschil tussen warrants en call-opties is gelegen in het feit dat ondernemingen die warrants emitteren niet, zoals dat bij call-opties het geval is, gebonden zijn aan door een beursorganisatie opgelegde standaardvoorwaarden. Voor de warrants die wij hebben onderzocht waren de volgende afwijkingen ten opzichte van de standaardvoorwaarden, zoals deze gelden bij opties, relevant.

De eerste afwijking ten opzichte van de standaardvoorwaarden is dat warrants niet, in tegenstelling tot aandelenopties die zijn genoteerd op de EOE, gedurende de gehele looptijd mogen worden uitgeoefend. Warrants zijn in het algemeen niet direct na de emissie uitoefenbaar. Van de warrants in ons onderzoek waren slechts de warrants die Akzo in 1986 heeft geïntroduceerd niet onmiddellijk uitoefenbaar in de onderzochte tijdsperiode. Uitoefening van deze warrants was pas mogelijk vanaf 1 mei 1988.

De tweede afwijking is dat sommige warrant-emittenten de mogelijkheid opnemen om de looptijd van de warrants voortijdig te beëindigen. Deze bepaling is, met betrekking tot de warrants die in ons onderzoek zijn betrokken, alleen door Akzo in de warrant-voorwaarden van de in 1986 geëmitteerde warrants opgenomen.

De derde afwijking ten opzichte van de standaardvoorwaarden, waaraan wij aandacht besteden, is het feit dat in de warrant-voorwaarden soms een clausule wordt opgenomen die de mogelijkheid biedt om de uitoefeningsprijs tijdelijk dan wel

blijvend te verlagen. Voor de warrants in ons onderzoek, welke zijn samengeval in tabel 2 van paragraaf 4, was dit het geval bij de warrants KLM (warrants 1983 en 1985), ABN (warrants 1986) en AMRO (de warrants die in 1986 in combinatie met aandelen werden uitgegeven).

Het laatste verschil tussen warrants en call-opties waar op kan worden gewezen is het feit dat call-optiecontracten bij uitgifte het recht geven op de koop van honderd aandelen. De warrant-ratio, het aantal aandelen dat per warrant kan worden gekocht, is in het algemeen veel lager. Voor de warrants die door ons zijn onderzocht varieerde de warrant-ratio van 1 (Akzo) tot 22 (KLM, warrant 1985).

Ofschoon de hiervoor genoemde verschillen tussen warrants en langlopende call-opties niet-triviaal kunnen zijn, zullen wij er van uitgaan dat a priori geen reden bestaat om aan te nemen dat zich systematische verschillen zullen voordoen met betrekking tot de waardering van warrants in vergelijking tot die van langlopende call-opties. In ons onderzoek zullen wij tevens aandacht besteden aan de zogenaamde "Falcons-contracten" op Koninklijke Olie. Dit zijn kooprechten op aandelen Koninklijke Olie, uitgegeven in juni 1986 met een looptijd van vijf jaar. Deze kooprechten zijn in omloop gebracht door Robeco in samenwerking met Arab Banking Corporation. Robeco moet als het ware "uit voorraad" de aandelen Koninklijke Olie verkopen tegen een tevoren vastgestelde prijs zodra de Falcons houder daar om verzoekt. Deze falcons zijn volgens de in paragraaf 1 gegeven definities te beschouwen als langlopende opties. Daarentegen worden zij niet op de EOE maar op de Effectenbeurs verhandeld².

² In september 1989 werden door de investeringsbank CSFB zogenaamde "covered warrants" uitgegeven op aandelen Heineken. Deze worden verhandeld op de Amsterdamse Effectenbeurs. De term "warrant" is echter niet juist, omdat het hierbij gaat om kooprechten op bestaande aandelen. Deze contracten dienen derhalve te worden beschouwd als falcons.

3. Een directe vergelijking van de prijzen van warrants en langlopende call-opties.

In deze paragraaf zullen wij onderzoeken welke conclusies kunnen worden getrokken als de prijzen van warrants en langlopende call-opties, beide geschreven op hetzelfde aandeel, worden vergeleken. Volgens de literatuur³ worden de prijzen van opties tenminste door zes factoren bepaald, te weten:

- de marktprijs van het onderliggende aandeel;
- de volatiliteit van de aandelenopbrengsten;
- de risicovrije interestvoet;
- de uitoefeningsprijs;
- de resterende looptijd;
- het dividendrendement.

In het geval dat de call-optie en de warrant beide zijn geschreven op hetzelfde aandeel zullen zij alleen kunnen verschillen met betrekking tot de uitoefeningsprijs en de resterende looptijd. Als nu de call-optie (warrant) zowel een langere looptijd als een lagere uitoefeningsprijs heeft dan de tegelijkertijd uitstaande warrant (call-optie), dan zou deze altijd hoger geprijsd moeten zijn dan de warrant (call-optie)⁴. Indien dat systematisch niet het geval zou blijken te zijn, dan is de prijsvorming van warrants kennelijk anders dan die van langlopende call-opties.

Met betrekking tot de onderzoeksperiode waren gegevens van zowel langlopende call-opties Philips, in het vervolg opties te noemen, als warrants 1984 Philips, in het vervolg aan te duiden als warrants, ter beschikking. De uitoefeningsprijs van de opties was f 55,--, terwijl de warrants een uitoefeningsprijs van f 63,-- hadden. De opties hadden op 1

³ Zie bijvoorbeeld Cox en Rubinstein (1985).

⁴ Dit volgt op grond van stochastische dominantie. Zie Cox en Rubinstein (1985).

april 1987 een resterende looptijd van 1661 dagen, de warrants waren daarentegen nog slechts 974 dagen van hun vervaldatum verwijderd. De opties hadden dus zowel een langere looptijd als een lagere uitoefeningsprijs. Men zou daarom een hogere prijs voor de opties verwachten in vergelijking met de warrants.

Tabel 1: De prijzen van langlopende call-opties Philips en warrants 1984 Philips voor verschillende tijdstipmomenten in 1987 en 1988 (in guldens per onderliggend aandeel).

Datum	Warrant 1984	Call-optie
08/04/1987	14,90	10,30
13/05/1987	12,90	9,35
17/06/1987	13,25	8,75
22/07/1987	14,70	11,90
26/08/1987	14,25	11,55
30/09/1987	12,50	10,60
06/04/1988	4,45	2,80
11/05/1988	3,40	2,60
15/06/1988	3,35	3,00
20/07/1988	3,10	3,70
24/08/1988	2,60	3,20
28/09/1988	2,04	3,00

In tabel 1 hebben wij de marktprijzen van de opties en de warrants vergeleken voor een twaalftal tijdstippen in de onderzoeksperiode. Hierbij dient te worden aangetekend dat om een goede vergelijking te bewerkstelligen de marktprijs van de warrants gedeeld is door de warrant-ratio teneinde het kooprecht op één aandeel te verkrijgen. Uit tabel 1 kan worden geconcludeerd dat tot juli 1988 de warrantprijs hoger was dan de optieprijs. Dit is in tegenstelling tot hetgeen wij a priori als rationeel beschouwen.

Wij hebben gezien of één van de in paragraaf 2 besproken punten van verschil tussen warrants en opties een rol kan

hebben gespeeld. Van deze verschillen is er echter slechts één in dit voorbeeld relevant, te weten het feit dat de warrant-ratio 20 is, terwijl het optie-contract recht geeft op de koop van 100 aandelen. Dit betekent dat het optiecontract een hogere investering vergt dan de warrant. Bijvoorbeeld op 6 april 1988 moest voor de optie $100 \times f 2,80 = f 280,-$ worden betaald, terwijl de warrant een investering van $20 \times f 4,45 = f 89,-$ vergde. Ons inziens zou aan dit verschil in een voldoende ontwikkelde markt geen grote betekenis toegekend mogen worden.

4. Opzet van het empirisch onderzoek.

4.1. Het gebruik van optie-waarderingsmodellen.

In paragraaf 2 hebben wij gezien dat er vooralsnog geen redenen zijn om aan te nemen dat de prijsvorming van warrants veel van die van langlopende opties verschilt. Het in paragraaf 3 geschilderde voorbeeld geeft een duidelijke indruk van een mogelijke overwaardering van warrants ten opzichte van langlopende call-opties. In dat voorbeeld immers wijzen alle beïnvloedende factoren juist op een premie voor de optie ten opzichte van de warrants. Aangezien in het verdere onderzoek minder eenduidige voorbeelden optraden, hebben wij de prijsvorming geanalyseerd aan de hand van in de literatuur ontwikkelde optie-waarderingsmodellen. De vraag is alleen welk model zou moeten worden gebruikt voor langlopende optie-contracten. Het Black en Scholes (1973) model heeft als belangrijk nadeel, dat het de betaling van dividenden op het onderliggende aandeel verwaarloost. Dit hoeft geen onoverkomelijk probleem te zijn bij de waardering van opties met looptijden van drie tot negen maanden, doch voor opties met looptijden tot vijf jaar en voor warrants met vergelijkbare looptijden kan een verwaarlozing van dividenden belangrijke verstoringen invloeden hebben. Bovendien houdt dit

model geen rekening met de mogelijkheid tot voortijdige uitoefening van het optie-contract, hetgeen eveneens een belangrijke tekortkoming is. Naarmate op een aandeel meer dividend wordt betaald, is het in toenemende mate reëel dat opties voortijdig worden uitgeoefend. Om deze redenen hebben wij gekozen voor twee andere modellen, te weten het Merton-model en het binomiale model.

Merton (1973) heeft het model van Black en Scholes gecorrigeerd voor een continue dividendbetaling op het onderliggende aandeel⁵. Noreen en Wolfson (1981) hebben de bruikbaarheid van het Merton-model onderzocht voor 52 Amerikaanse warrants. Dit betroffen at-the-money warrants⁶ met een looptijd van 2 tot 6 jaar, waarbij geen van de bijzondere voorwaarden zoals genoemd in paragraaf 2 relevant waren. De conclusie van hun onderzoek is dat het Merton-model de marktprijzen van de warrants redelijk benaderde. Nadeel van het Merton-model is dat geen rekening wordt gehouden met voortijdige uitoefening van het optie-contract.

In het binomiale optie-waarderingsmodel⁷ wordt verondersteld

⁵ De vergelijking voor het Merton model luidt:

$$C = e^{gT} \cdot S \cdot N(d1') - E \cdot e^{-rT} \cdot N(d2')$$

waarin:

C = de modelwaarde van een call-optie;

g = het dividendrendement op het onderliggende aandeel;

T = de looptijd van de optie (in jaren);

S = de marktprijs van het onderliggende aandeel;

N(.) = cumulatief standaardnormale dichtheidsfunctie;

r = risicovrije interestvoet per jaar;

E = de uitoefeningsprijs van de optie;

$d1' = [\ln(S/E) + (r-g+\sigma^2/2)T] / \sigma\sqrt{T}$

$d2' = d1' - \sigma\sqrt{T}$;

σ = de standaarddeviatie van de aandelenopbrengsten per jaar.

⁶ Een at-the-money warrant wordt gedefinieerd als een warrant waarvoor geldt dat de aandelenprijs gelijk is aan de uitoefeningsprijs.

⁷ Voor een meer uitgebreide beschrijving van dit model wordt verwezen naar Cox en Rubinstein (1985).

dat de aandelprijs gedurende de resterende looptijd slechts op een aantal discrete tijdstipmomenten van waarde verandert. De aandelprijs kan dan ten opzichte van het vorige tijdstipmoment ofwel zijn gestegen met een bepaald percentage en een bepaalde kans ofwel zijn gedaald met een bepaald percentage en de complementaire kans. Het voordeel van deze benaderingswijze is gelegen in de eenvoud en de doorzichtigheid van het model. Bovendien is in dit model gemakkelijk rekening te houden met het bestaan van een aantal discrete dividenduitkeringen op het onderliggende aandeel⁸, alsmede met het bestaan van voortijdige uitoefening van de optie. Dit maakt het model aantrekkelijk als prijsvormingsmodel voor langlopende opties en warrants. Het binomiale model is voorzover bekend nog nooit toegepast op de prijsvorming van langlopende opties en warrants. Op grond van het bovenstaande is ook dit (discrete) binomiale model door ons in het onderzoek gehanteerd naast het (continue) Merton-model.

4.2. De impliciete standaarddeviatie.

Zowel het Merton-model als het binomiale model kennen als invoer-variabelen dezelfde variabelen als het model van Black en Scholes. Deze variabelen zijn de aandelprijs, de uitoefeningsprijs, de risicovrije interestvoet, de resterende looptijd en de volatiliteit van het onderliggende aandeel. Het blijkt dat alle variabelen met redelijke zekerheid zijn vast te stellen, met uitzondering van de volatiliteit. Deze volatiliteit wordt gemeten door de standaarddeviatie van de aandelenopbrengsten per jaar, in het vervolg aan te duiden als de standaarddeviatie. Het verkrijgen van een eenduidige schatting van de standaarddeviatie is echter onmogelijk. Dit zou tot gevolg kunnen hebben dat in de berekende modelwaarden hoge onnauwkeurigheidsmarges aanwezig zijn. Daarom is voor een

⁸ Zie bijvoorbeeld Verboven (1989).

andere aanpak gekozen. Wanneer de marktprijs van de optie of warrant als juiste prijs wordt aangemerkt, dan is door "terugrekening" te bepalen welke waarde voor de standaarddeviatie deze optie-prijs zou hebben geïmpliceerd. Deze waarde van de standaarddeviatie wordt ook wel aangeduid met de term "impliciete standaarddeviatie" (ISD). Dit is de reden dat wij gekozen hebben voor het bepalen van ISD-waarden uit optie-en warrantprijzen met behulp van beide modellen. Indien er tussen opties en warrants geen verschillen zouden bestaan dan zouden wij op theoretische gronden verwachten dat eenzelfde ISD-waarde zou resulteren voor elk van beide contracten.

4.3. Beschrijving van de data en methodologie van het onderzoek.

Wij hebben ISD-waarden berekend voor de warrants en de langlopende opties voor de woensdagdata in de periode van 1 april 1987 tot en met 30 september 1987 (27 waarnemingen), alsmede in de periode van 1 april 1988 tot en met 30 september 1988 (26 waarnemingen). De beschouwde warrants en opties zijn beschreven in tabel 2.

Bij tabel 2 kan worden opgemerkt dat zowel de KLM warrants 1983 als de Philips warrant 1983 in 1988 expireerden (respectievelijk op 15 maart 1988 en op 15 juli 1988). Vanaf april 1988 kenden beide warrants prijzen die hooguit f 0,10 per optierecht bedroegen. Om deze reden hebben wij voor 1988 met betrekking tot deze warrants geen data in het onderzoek betrokken.

Naast de warrants die zijn opgenomen in tabel 2 stonden ook nog warrants Nationale Nederlanden (1976 en 1978) uit. Deze warrants waren vanaf april 1987 echter zeer ver "in-the-money". De warrantprijzen noteerden vrijwel voortdurend tegen de theoretische bodemwaarde, zodat in de marktprijzen geen tijdspremie was besloten. Dit is de reden dat wij de warrants

Nationale Nederlanden niet verder onderzocht hebben. Wij hebben evenmin aandacht besteed aan de 5-jarige call-opties die vervallen in oktober 1992. De reden hiervoor was dat in deze opties op lang niet alle woensdagen in 1988 handel plaatsvond.

Tabel 2: De warrants, call-opties en Falcons die in het onderzoek zijn betrokken.

ABN	-warrants 1986 -9-maands call-opties
Akzo	-warrants 1986 -5-jaars call-opties 1991 -9-maands call-opties
AMRO	-warrants 1986 A (uitgegeven in combinatie met aandelen) -warrants 1986 O (uitgegeven in combinatie met obligaties) -9-maands call-opties
KLM	-warrants 1983 -warrants 1985 -5-jaars call-opties 1991 -9-maands call-opties
Philips	-warrants 1983 -warrants 1984 -5-jaars call-opties 1991 -9-maands call-opties
Kon. Olie	-Falcons 1986 -5-jaars call-opties 1991 -9-maands call-opties
Unilever	-5-jaars call-opties 1991 -9-maands call-opties

De invoer-variabelen van de gebruikte optie-waarderingsmodellen hebben wij zodanig geschat dat de best mogelijke schattingen voor de ISD-waarden resulteren die op het moment van prijsvorming mogelijk waren voor beleggers.

Hiermee kiezen wij een ex-ante benadering voor het onderzoek, zoals hieronder nog nader zal blijken.

Als risicovrije interestvoet is het rendement op staatsobligaties met een looptijd van drie tot vijf jaar genomen op het waarderingstijdstip. Het dividendrendement hebben wij voor de periode van 1 april 1987 tot en met 30 september 1987 bepaald als het quotiënt van het dividend betaald in de periode van 1 april 1986 tot en met 31 maart 1987 en de gemiddelde aandelprijs in die periode. Laatstgenoemde prijs is bepaald als het gemiddelde van de slotkoersen op de eerste beursdag van de maand. Voor de periode van 1 april 1988 tot en met 30 september 1988 hebben wij op overeenkomstige wijze het dividendrendement bepaald aan de hand van vergelijkbare gegevens over de periode van 1 april 1987 tot en met 31 maart 1988.

Bij de bepaling van de ISD-waarden volgens het binomiale model zijn wij eenvoudigheidshalve uitgegaan van twee ex-dividend-noteringen. De eerste notering hebben wij geplaatst op één derde van de resterende looptijd, de tweede notering is door ons op tweederde van de resterende looptijd gesteld. Wij veronderstelden daarbij dat op elk van beide ex-dividend-momenten de helft van het totale dividend in de resterende looptijd wordt betaald. De toekomstige dividenden, benodigd voor de berekeningen voor de periode van 1 april 1987 tot en met 30 september 1987, hebben wij geschat aan de hand van de werkelijke dividenden in de periode van 1 april 1986 tot en met 31 maart 1987. Voor de periode van 1 april 1988 tot en met 30 september 1988 zijn wij uitgegaan van schattingen aan de hand van de periode van 1 april 1987 tot en met 31 maart 1988⁹. Door niet eventueel ex-post gerealiseerde dividenden te

⁹ Op iedere feitelijke ex-dividend-datum hebben wij de geschatte toekomstige dividenden verminderd met het tevoren door ons geschatte dividend. Tevens hebben wij de schatting voor de toekomstige dividenden bijgesteld aan de hand van het werkelijk betaalde dividend.

beschouwen kunnen wij zoveel mogelijk ex-ante modelwaarden berekenen, dat wil zeggen modelwaarden zoals die op het waarderingstijdstip te berekenen waren, gegeven de beschikbare informatie.

De hiervóór genoemde gegevens alsmede de aandeleprijzen hebben wij ontleend aan de Officiële Prijscourant van de Amsterdamse Effectenbeurs. De gegevens voor de looptijden van de warrants zijn ontleend aan de desbetreffende prospectussen. De looptijden van de langlopende opties alsmede de optie-uitoefeningsprijzen zijn ontleend aan de Officiële Prijscourant. De gegevens voor de uitoefeningsprijzen van de warrants en de warrant-ratio's waren moeilijker te achterhalen. In de bedoelde perioden werden deze gegevens niet in de Officiële Prijscourant vermeld. De oorspronkelijke uitoefeningsprijzen en warrant-ratio's hebben wij aan de desbetreffende prospectussen ontleend. In een aantal gevallen hebben aanpassingen van deze oorspronkelijke uitoefeningsprijzen en warrant-ratio's plaatsgevonden als gevolg van de toepassing van anti-verwateringsclausules. Deze correcties konden worden gevonden in de advertenties die door de trustees werden geplaatst in de Officiële Prijscourant en in Het Financieele Dagblad.

Om het in paragraaf 2 gesignaleerde mogelijke verschil tussen de waardering van langlopende opties en warrants op een meer systematische wijze te onderzoeken, hebben wij de volgende methodologie gehanteerd. Zoals gezegd zou men, indien een warrant en een langlopende optie beide op het hetzelfde aandeel betrekking hebben, a priori verwachten dat de ISD-waarden voor zowel de warrant als de langlopende optie niet significant van elkaar verschillen. Dit zal ook moeten gelden indien de uitoefeningsprijs van de warrant en de langlopende optie niet gelijk zijn aan elkaar. Immers, er is voorshands geen reden om aan te nemen dat de volatiliteit van de aandeelprijs zou afhangen van het al dan niet bestaan van opties of warrants met een bepaalde uitoefeningsprijs.

Op ieder van de onderscheiden tijdstippen in de onderzoeksperiode werden door ons, in paragraaf 5.1., op basis van zowel het Merton-model als het binomiale model, de ISD-waarden berekend voor de warrants en voor de langlopende opties. Vervolgens werd per fonds op ieder tijdstip het verschil tussen de ISD-waarden van respectievelijk de warrants en de langlopende opties bepaald. Het daaruit te berekenen gemiddelde verschil (GV) kan door middel van een t-toets op significantie worden onderzocht.

Een vergelijkbare procedure hebben wij gevolgd in paragraaf 5.2., waar wij GV-waarden hebben berekend tussen warrants en 9-maandsopties enerzijds en langlopende opties en 9-maandsopties anderzijds.

5. Resultaten van het onderzoek.

5.1. De vergelijking tussen warrants en langlopende opties.

In deze paragraaf hebben wij getest of warrants significant hogere ISD-waarden hebben dan langlopende opties. In tabel 3 zijn de testresultaten in de vorm van GV-waarden opgenomen. Wij hebben de resultaten zodanig gepresenteerd, dat een positief significante GV-waarde betekent dat de ISD-waarde van de warrant hoger is dan de ISD-waarde van de langlopende optie. Een negatief significante GV-waarde houdt in dat de ISD-waarde van de langlopende optie hoger is dan de ISD-waarde van de warrant. Aangezien in de literatuur¹⁰ is afgeleid dat een positieve relatie moet bestaan tussen de prijs van een optie en de hoogte van de volatiliteit, geldt dat een hogere ISD-waarde van de warrant ten opzichte van de langlopende optie wijst op een overwaardering van de warrant ten opzichte van de langlopende optie.

¹⁰ Zie bijvoorbeeld Cox en Rubinstein (1985).

Tabel 3: GV-waarden voor de vergelijking van warrants versus langlopende opties.

	1987		1988	
	Merton	Binomiaal	Merton	Binomiaal
	(1)	(2)	(3)	(4)
Akzo	0,122*	0,073*	0,078*	0,061*
KLM warr. '83	0,390*	0,256*	2)	2)
KLM warr. '85	-0,011	0,000	0,037*	0,022*
Philips warr. '83	0,127*	0,153*	3)	3)
Philips warr. '84	0,290*	0,290*	0,265*	0,261*
Royal Dutch Falcon	0,090*	1)	0,078*	0,074*

* =significant van nul verschillend op een niveau van 5%.

1) =te laag aantal waarnemingen (<10) om een conclusie uit te trekken.

2) =de looptijd van de KLM warrant 1983 eindigde op 15 maart 1988.

3) =de looptijd van de Philips warrants 1983 eindigde op 15 juli 1988.

Als we de resultaten voor het Merton-model bekijken (kolommen (1) en (3)) dan blijkt dat in 1987 voor vier van de vijf warrants en de falcons een significant positieve GV-waarde bestaat, hetgeen betekent dat de warrants hogere ISD-waarden hebben dan de langlopende opties en dus impliciet hoger zijn geprijsd. In 1988 vinden wij een dergelijke relatie voor alle tegelijkertijd uitstaande warrants/falcons en langlopende opties. De resultaten voor het binomiale model (kolommen (2) en (4)) wijken niet in belangrijke mate af van de resultaten voor het Merton-model. Uit tabel 3 kunnen wij concluderen dat bij gebruik van beide optie-waarderingsmodellen hogere ISD-waarden voor warrants dan voor langlopende opties resulteren. In paragraaf 2 hebben wij voor de door ons onderzochte warrants een aantal afwijkingen ten opzichte van de standaardvoorwaarden voor opties genoemd. Wij zullen nagaan in

hoeverre deze standaardvoorwaarden de waardering van de warrants ten opzichte van de langlopende opties hebben beïnvloed.

Een nadeel dat de houders van de warrants Akzo hebben, en dat wij niet hebben meegenomen in onze berekeningen is het feit dat de warrants Akzo pas vanaf 1 mei 1988 uitvoerbaar zijn. Een ander belangrijker nadeel voor de houders van de warrants Akzo is dat Akzo zich het recht heeft voorbehouden om de looptijd van de warrants te verkorten tot enige datum na 1 november 1988, mits de warrant-houders drie maanden tevoren in kennis worden gesteld. In onze berekeningen zijn wij uitgegaan van de maximaal mogelijke looptijd voor de warrants, namelijk tot 30 september 1991. Uitgaande van het recht van Akzo om de looptijd te verkorten zou verwacht worden dat de warrant Akzo lager gewaardeerd zou zijn ten opzichte van de langlopende optie. Eerder hebben wij al geconstateerd dat het tegendeel waar is.

Men zou a priori kunnen verwachten dat beleggers warrants, waarbij de onderneming de mogelijkheid heeft opgenomen om de uitoefeningsprijs te verlagen, in het algemeen hoger zouden waarderen. De warrants KLM 1983 en KLM 1985 zijn de enige warrants in de data-set, waarbij deze mogelijkheid bestaat. Echter, de warrants KLM 1985 zijn de enige warrants die niet zowel in 1987 als in 1988 hoger zijn gewaardeerd dan de langlopende opties.

Naar onze mening kan worden geconcludeerd dat de factoren genoemd in paragraaf 2 niet bijdragen tot een verklaring van de hogere waardering van de warrants en de falcon ten opzichte van de langlopende call-opties.

5.2. De vergelijking tussen warrants en langlopende opties versus kortlopende opties.

In deze paragraaf hebben wij testen uitgevoerd met betrekking tot de ISD-waarden van zowel warrants en 9-maandsopties als de

ISD-waarden van langlopende opties en 9-maandsopties. Voor 9-maandsopties zijn op dezelfde wijze als voor langlopende opties data verzameld. Aangezien per fonds meestal meerdere series van 9-maandsopties in omloop zijn resulteren dan ook meerdere ISD-waarden. Beckers (1981) heeft echter aangetoond dat de ISD-waarde met de hoogste waarde voor de afgeleide van de optieprijs naar de standaarddeviatie¹¹ de meest betrouwbare schatting voor de werkelijke volatiliteit geeft. In navolging van Beckers hebben wij dan ook de ISD-waarde geselecteerd met de hoogste waarde voor de afgeleide van de optieprijs naar de standaarddeviatie voor het Merton-model. Aangezien voor het binomiale model een dergelijke afgeleide niet kan worden berekend, hebben wij de ISD-waarde met de hoogste waarde voor de afgeleide van het Merton-model geselecteerd onder de aanname dat aldus de meest betrouwbare schatting van de ISD-waarde voor het binomiale model wordt verkregen.

In tabel 4 zijn de resultaten opgenomen van de test of warrants hogere ISD-waarden hebben dan 9-maandsopties. Wij hebben de resultaten zodanig gepresenteerd, dat een positief significante GV-waarde betekent dat de ISD-waarde van de warrant hoger is dan de ISD-waarde van de 9-maandsoptie. Een negatief significante GV-waarde houdt in dat de ISD-waarde van de 9-maandsoptie hoger is dan de ISD-waarde van de warrant.

Als wij in tabel 4 de resultaten voor het Merton-model bekijken (kolommen (1) en (3)) dan is te zien dat in 1987 in acht van de negen gevallen positieve GV-waarden resulteren, hetgeen een hogere ISD-waarde voor de warrant/falcon ten opzichte van de 9-maandsopties impliceert. In 1988 geldt

¹¹ De afgeleide van de optieprijs naar de standaarddeviatie luidt voor het Merton model als volgt:

$$\frac{C}{\sigma} = E \cdot e^{\pi} \cdot Z(d_2') \cdot \sqrt{T}$$

waarin: $Z(.)$ = standaardnormale dichtheidsfunctie.

Tabel 4: GV-waarden voor de vergelijking van warrants versus 9 maandsopties.

	1987		1988	
	Merton	Binomiaal	Merton	Binomiaal
	(1)	(2)	(3)	(4)
ABN	0,066*	0,039*	4,697*	0,879*
Akzo	0,101*	0,034	0,065*	0,046*
Amro warr. 86a 1)	0,440*	0,426*	0,224*	0,227*
Amro warr. 86o 2)	0,066*	0,070*	0,082*	0,080*
KLM warr. '83	0,391*	0,147*	3)	3)
KLM warr. '85	-0,011	-0,034*	0,006	0,022
Philips warr. '83	0,106*	0,114*	3)	3)
Philips warr. '84	0,269*	0,252*	0,326*	0,330*
Kon. Olie Falcon	0,106*	0,016	0,123*	0,078*

* =significant van nul verschillend op een niveau van 5%.

1) =uitgegeven in 1986 door AMRO in combinatie met aandelen.

2) =uitgegeven in 1986 door AMRO in combinatie met obligaties.

3) =geen data beschikbaar voor 1988.

hetzelfde beeld voor vijf van de zes warrants en voor de falcon. Dit betekent dat de warrants in vrijwel alle gevallen hoger worden gewaardeerd ten opzichte van de 9-maandsopties. Enige uitzondering in beide jaren is de warrant KLM 1985, waarvoor in geen van beide jaren een GV-waarde kan worden gevonden die van nul verschillend is op een niveau van 5%. De resultaten voor het binomiale model (kolommen (2) en (4)) wijzen in dezelfde richting.

Opmerkelijk is dat in het geval van de warrant KLM 1985 voor het binomiale model wel een negatieve GV-waarde kan worden gevonden die significant van nul verschillend is op het 5%-niveau. In 1988 kan geen significante GV-waarde worden gevonden voor de KLM-warrant 1985.

Het feit dat in de meeste gevallen een hogere ISD-waarde voor de warrant dan voor de 9-maandsoptie wordt gevonden zou op

zich kunnen worden verklaard, doordat de warrants een langere looptijd hebben dan de 9-maandsopties. Brenner en Subrahmanyam (1988) wijzen erop dat ISD-waarden van kortlopende opties kunnen verschillen van ISD-waarden van langlopende opties, aangezien beleggers andere verwachtingen ten aanzien van de fluctuaties van de aandelprijzen voor de korte dan voor de lange termijn kunnen hebben. Dit verschijnsel wordt door Brenner en Subrahmanyam (1988) aangeduid als de "term structure of volatility".

Tabel 5: GV-waarden voor de vergelijking van langlopende opties en 9-maands-opties.

	1987		1988	
	Merton	Binomiaal	Merton	Binomiaal
	(1)	(2)	(3)	(4)
Akzo	-0,021*	-0,029*	-0,014*	-0,015*
KLM	0	-0,032*	-0,031*	0
Philips	-0,021*	-0,034*	0,061*	0,068*
Kon. Olie	0,016*	1)	0,044*	0,016*
Unilever	-0,015*	1)	-0,020*	-0,017*

* =significant van nul verschillend op een niveau van 5%.

1) =te laag aantal waarnemingen (<10) om een conclusie uit te trekken.

Indien de verschillen tussen de ISD-waarden van de warrants en de 9-maandsopties verklaard kunnen worden uit de "term structure of volatility" dan betekent dit dat de langlopende opties ook hogere ISD-waarden moeten hebben dan de 9-maandsopties. In tabel 5 hebben wij dit getoetst, waarbij een positieve GV-waarde inhoudt in dat de langlopende opties een hogere ISD-waarde hebben dan 9-maandsopties en een negatieve GV-waarde inhoudt dat de 9-maandsopties een hogere ISD-waarde

hebben dan de langlopende opties. Uit tabel 5 volgt voor het Merton-model (kolommen (1) en (3)) in 1987 in drie van de vijf gevallen een significant negatieve GV-waarde, in slechts één geval wordt een positief significante GV-waarde gevonden (Royal Dutch). In 1988 worden weer drie negatieve GV-waarden gevonden, waar tegenover nu twee positieve GV-waarden staan. Wederom wijzen de resultaten voor het binomiale model (kolommen (2) en (4)) in dezelfde richting.

Aangezien we eerder hebben gezien dat warrants hogere ISD-waarden hebben dan 9-maandsopties zou op grond van de theorie van de "term structure of volatility" worden verwacht dat ook langlopende opties hogere ISD-waarden hebben dan 9-maandsopties. Dit lijkt echter niet op te gaan. De stelling dat 9-maandsopties hogere ISD-waarden hebben dan langlopende opties ligt eerder voor de hand. Op grond van het voorgaande kan bovendien impliciet worden geconcludeerd dat, indien ISD-waarden van warrants, langlopende opties en 9-maandsopties worden vergeleken, de ISD-waarden van warrants hoger zijn dan de ISD-waarden van langlopende opties. Dit duidt er wederom op dat warrants relatief hoger geprijsd zijn dan langlopende opties.

6. Mogelijke verklaringen voor de relatief hogere waardering van warrants ten opzichte van langlopende opties.

In het beschreven onderzoek komt naar voren dat in de onderzochte periode zowel de warrants als de beschouwde falcon relatief overgewaardeerd zijn ten opzichte van langlopende opties. In deze paragraaf willen wij een voorzichtige aanzet geven tot een mogelijke verklaring van dit interessante fenomeen.

Naar onze mening volgt uit het gepresenteerde onderzoek dat het prijsvormingsproces van warrants kennelijk niet voldoet aan de kenmerken die in de gehanteerde modellen worden verondersteld. Een andere manier om hetzelfde te zeggen is dat

in de prijsvorming van warrants mogelijk additionele of andere factoren werkzaam zijn die de prijsvorming van opties niet beïnvloeden. Indien dit niet het geval zou zijn dan zou naar onze mening, gezien de soms enorme prijsverschillen, onmiddellijk arbitrage moeten plaatsvinden. De grote vraag is echter welke deze factoren zijn. Omdat ook de literatuur zich in dit opzicht nog steeds in een zoekend stadium verkeert, willen wij een aanzet tot een discussie hieromtrent geven.

Allereerst willen wij opmerken dat, voorzover bekend, eventuele marktimperfecties naar onze mening op nagenoeg gelijke wijze hun invloed hebben op de prijsvorming van warrants en opties. Dit betreft met name aspecten als fiscale behandeling en transactiekosten¹².

Een verschil tussen opties enerzijds en warrants/falcons anderzijds, waarvan wij in het voorgaande hebben geabstraheerd, is dat het aanbod van opties in principe volkomen elastisch is, terwijl het aanbod van warrants per definitie gegeven is. Dit maakt dat warrants "schaarser" zijn dan opties. Het gevolg zou dan kunnen zijn dat in de prijsvorming van warrants dit schaarse-element is verdisconteerd. Dit zou echter tevens impliceren dat ondernemingen een premie zouden verdienen door het aanbod van warrants te vergroten. Hoewel de warrant als financieringsinstrument aan populariteit heeft gewonnen in de afgelopen jaren kan men echter niet stellen dat zich in de onderzochte periode een dergelijke grote aanbod-vergroting heeft voltrokken, waardoor

¹² Transactiekosten zouden van belang kunnen zijn omdat de onderzochte warrants en de falcon recht geven op de aankoop van gemiddeld ongeveer 10 aandelen. Een optie-contract handelt daarentegen om 100 aandelen. Om via de uitoefening van een warrant/falcon c.q. een optie 10 aandelen in het bezit te krijgen moeten in het laatstgenoemde geval 90 aandelen worden verkocht, met als gevolg hogere transactiekosten. Dit argument vervalt evenwel als men bedenkt dat de aankoop van 10 warrants/falcons in dit geval gelijk zijn aan één optie. Hieraan zijn geen wezenlijk verschillende transactiekosten verbonden.

de bestaande verschillen mogelijk zijn genivelleerd.

Een constatering, die op grond van ons onderzoek kan worden gedaan, is dat ook voor het beschouwde falcons-contract een overwaardering ten aanzien van langlopende opties geldt, ofschoon dit contract zelf in vrijwel elk opzicht als een langlopende optie is aan te merken. De gedachte dringt zich op of de beleggers het falcon-contract meer zien als een warrant. In dat geval zou het praktische verschil tussen falcons en opties, namelijk de verhandeling op verschillende beurzen, mogelijk van grotere betekenis kunnen zijn dan men in het algemeen aanneemt.

Een andere mogelijke verklaring zou kunnen worden gevonden in de veronderstelling dat beleggers aan warrants (en falcons) een andere strategische betekenis toekennen dan aan opties. Opties worden in portefeuilles veelvuldig gebruikt in combinatie met de onderliggende aandelen om een bepaald rendement-risico profiel te bewerkstelligen. Er zijn in de praktijk aanwijzingen te vinden dat warrant-houders, in tegenstelling tot de houders van opties, in vele gevallen de aandelen van de desbetreffende onderneming uiteindelijk opvragen, dus de warrant uitoefenen. Bij call-opties daarentegen is het gebruikelijk dat slechts een gering percentage van de uitstaande contracten wordt uitgeoefend. Het is derhalve denkbaar dat warrants in een bepaalde mate een strategische waarde bezitten. De warrant-houders zouden het instrument veel meer zien als een "uitgesteld" aandeelbezit en betalen daar ook een premie voor, bovenop de waarde die de warrant heeft op grond van de call-optie kenmerken. Onduidelijk is echter waarom de beleggers deze premie wensen te betalen, omdat zij hetzelfde kunnen bereiken door de (goedkopere) langlopende optie aan te houden.

Eventueel vervolgonderzoek zou zich behalve op de hierboven genoemde aspecten ook kunnen richten op een vergelijking van warrantprijzen in een internationale context, alsmede op een vergelijking van warrantprijzen met het in converteerbare

obligaties belichaamde conversierecht. Deze aspecten zijn inmiddels het onderwerp van studie.

Het zal duidelijk zijn dat de bovengenoemde verklaringen een exploratief en speculatief karakter bezitten. Mogelijk vormen zij een aanzet tot een nadere analyse van de divergentie tussen de prijzen van warrants en langlopende opties.

7. Conclusies.

In het onderhavige onderzoek wordt er steeds van uitgegaan dat warrants qua uiterlijke kenmerken niet verschillen van opties en dat derhalve optie-waarderingsmodellen van toepassing zouden zijn op warrants. Het is een feit dat bij de vergelijking van langlopende opties en warrants met betrekking tot een bepaald fonds sommige invoervariabelen verschillen. Dit geldt met name voor de uitoefeningsprijs en in mindere mate voor de looptijd. In het in paragraaf 3 gehanteerde voorbeeld, waarbij de invoervariabelen "in het voordeel" van de optie wijzen, vigeert toch een substantieel hogere warrantprijs. Dit beeld wordt meer in het algemeen bevestigd door de ISD-waarden te beschouwen. De warrants en de falcons Koninklijke Olie blijken in het algemeen hogere ISD-waarden te hebben dan langlopende opties, hetgeen betekent dat de warrants en de falcons Koninklijke Olie impliciet hoger zijn geprijsd dan langlopende opties. Het betrekken van 9-maands-opties in de analyse versterkt de eerder gevonden conclusies. De onderzochte warrants en de falcons Koninklijke Olie blijken ook hogere ISD-waarden te hebben dan 9-maandsopties. Dit kan niet worden afgedaan als een "looptijdvertekening", immers langlopende opties blijken niet hogere ISD-waarden te hebben dan 9-maandsopties. Naar onze mening moet derhalve worden geconcludeerd dat een verklaring voor de geconstateerde verschillen tussen de prijsvorming van warrants en de falcons Koninklijke Olie enerzijds en langlopende opties anderzijds moet worden gezocht in één of meerdere factoren buiten de in

de optie-waarderingsmodellen begrepen factoren. Een onderzoek naar de aard van deze factoren lijkt daarom zeer interessant. In dit artikel is daartoe een eerste aanzet gegeven.

Referenties:

- Beckers, S.: "Standard deviations implied in option prices as predictors of future stock price variability", Journal of Banking and Finance, 1981, blz. 363-381.
- Black, F. en Scholes, M.: "The pricing of options and corporate liabilities", Journal of Political Economy, 1973, blz. 637-659.
- Brenner, M. and Subrahmanyam, M.G.: "A simple formula to compute the implied standard deviation", Financial Analysts Journal, September-October 1988, blz. 80-83.
- Cox, J.C. and Rubinstein, M.: "Options markets", Englewood Cliffs, New York, Prentice Hall, Inc., New Jersey, 1985.
- Duffhues, P.J.W.: "Warrants en de financiering van ondernemingen", Financiële Leiding en Organisatie, Oktober 1988, blz. 1-17.
- Folks, W.R. en Ferri, M.G.: "Equity-linked cross-currency international financial instruments: a study of the pricing of Euro-warrants", Multinational Business Finance, 1987, blz. 23-26.
- Galai, D. en Schneller, M.I.: "Pricing of warrants and the value of the firm", The Journal of Finance, 1978, blz. 1333-1342.
- Merton, R.C.: "The theory of rational option pricing", Bell Journal of Economics and Management Science, 1973, blz. 282-288.
- Noreen, E. en Wolfson, M.: "Equilibrium warrant pricing models and accounting for executive stock options", Journal of Accounting Research, 1981, blz. 384-397.
- Veld, C.H.: "De waardering van aandelenwarrants en langlopende call-opties", te verschijnen in: "Financiering en Belegging, Stand van zaken anno 1989", onder redactie van H. Berkman, J. van der Meulen en A.B.M. Soppe, Erasmus Universiteit Rotterdam, 1989a.

- Veld, C.H.: "Het gebruik van anti-verwateringsclausules in warrant-overeenkomsten", Maandblad voor Accountancy en Bedrijfseconomie, juli/augustus 1989b, blz. 284-291.
- Veld, C.H.: "Het gebruik van de impliciete standaarddeviatie als schatter voor de toekomstige standaarddeviatie", te verschijnen in het VBA-Journaal, maart 1990.
- Veld, C.H. en Verboven, A.H.F., "Nederlandse warrants hoger gewaardeerd dan opties", Het Financieele Dagblad, 21 december 1989.
- Verboven, A.H.F.: "De waardering van Amerikaanse aandelenopties met discrete dividenduitkeringen", Bedrijfskunde, 1989, blz. 86-93.

IN 1989 REEDS VERSCHENEN

- 368 Ed Nijssen, Will Reijnders
"Macht als strategisch en tactisch marketinginstrument binnen de distributieketen"
- 369 Raymond Gradus
Optimal dynamic taxation with respect to firms
- 370 Theo Nijman
The optimal choice of controls and pre-experimental observations
- 371 Robert P. Gilles, Pieter H.M. Ruys
Relational constraints in coalition formation
- 372 F.A. van der Duyn Schouten, S.G. Vanneste
Analysis and computation of (n,N)-strategies for maintenance of a two-component system
- 373 Drs. R. Hamers, Drs. P. Verstappen
Het company ranking model: a means for evaluating the competition
- 374 Rommert J. Casimir
Infogame Final Report
- 375 Christian B. Mulder
Efficient and inefficient institutional arrangements between governments and trade unions; an explanation of high unemployment, corporatism and union bashing
- 376 Marno Verbeek
On the estimation of a fixed effects model with selective non-response
- 377 J. Engwerda
Admissible target paths in economic models
- 378 Jack P.C. Kleijnen and Nabil Adams
Pseudorandom number generation on supercomputers
- 379 J.P.C. Blanc
The power-series algorithm applied to the shortest-queue model
- 380 Prof. Dr. Robert Bannink
Management's information needs and the definition of costs, with special regard to the cost of interest
- 381 Bert Bettonvil
Sequential bifurcation: the design of a factor screening method
- 382 Bert Bettonvil
Sequential bifurcation for observations with random errors

- 383 Harold Houba and Hans Kremers
Correction of the material balance equation in dynamic input-output models
- 384 T.M. Doup, A.H. van den Elzen, A.J.J. Talman
Homotopy interpretation of price adjustment processes
- 385 Drs. R.T. Frambach, Prof. Dr. W.H.J. de Freytas
Technologische ontwikkeling en marketing. Een oriënterende beschouwing
- 386 A.L.P.M. Hendrikx, R.M.J. Heuts, L.G. Hoving
Comparison of automatic monitoring systems in automatic forecasting
- 387 Drs. J.G.L.M. Willems
Enkele opmerkingen over het inversificerend gedrag van multinationale ondernemingen
- 388 Jack P.C. Kleijnen and Ben Annink
Pseudorandom number generators revisited
- 389 Dr. G.W.J. Hendrikse
Speltheorie en strategisch management
- 390 Dr. A.W.A. Boot en Dr. M.F.C.M. Wijn
Liquiditeit, insolventie en vermogensstructuur
- 391 Antoon van den Elzen, Gerard van der Laan
Price adjustment in a two-country model
- 392 Martin F.C.M. Wijn, Emanuel J. Bijnen
Prediction of failure in industry
An analysis of income statements
- 393 Dr. S.C.W. Eijffinger and Drs. A.P.D. Gruijters
On the short term objectives of daily intervention by the Deutsche Bundesbank and the Federal Reserve System in the U.S. Dollar - Deutsche Mark exchange market
- 394 Dr. S.C.W. Eijffinger and Drs. A.P.D. Gruijters
On the effectiveness of daily interventions by the Deutsche Bundesbank and the Federal Reserve System in the U.S. Dollar - Deutsche Mark exchange market
- 395 A.E.M. Meijer and J.W.A. Vingerhoets
Structural adjustment and diversification in mineral exporting developing countries
- 396 R. Gradus
About Tobin's marginal and average q
A Note
- 397 Jacob C. Engwerda
On the existence of a positive definite solution of the matrix equation $X + A^T X^{-1} A = I$

- 398 Paul C. van Batenburg and J. Kriens
Bayesian discovery sampling: a simple model of Bayesian inference in auditing
- 399 Hans Kremers and Dolf Talman
Solving the nonlinear complementarity problem
- 400 Raymond Gradus
Optimal dynamic taxation, savings and investment
- 401 W.H. Haemers
Regular two-graphs and extensions of partial geometries
- 402 Jack P.C. Kleijnen, Ben Annink
Supercomputers, Monte Carlo simulation and regression analysis
- 403 Ruud T. Frambach, Ed J. Nijssen, William H.J. Freytas
Technologie, Strategisch management en marketing
- 404 Theo Nijman
A natural approach to optimal forecasting in case of preliminary observations
- 405 Harry Barkema
An empirical test of Holmström's principal-agent model that tax and signally hypotheses explicitly into account
- 406 Drs. W.J. van Braband
De begrotingsvoorbereiding bij het Rijk
- 407 Marco Wilke
Societal bargaining and stability
- 408 Willem van Groenendaal and Aart de Zeeuw
Control, coordination and conflict on international commodity markets
- 409 Prof. Dr. W. de Freytas, Drs. L. Arts
Tourism to Curacao: a new deal based on visitors' experiences
- 410 Drs. C.H. Veld
The use of the implied standard deviation as a predictor of future stock price variability: a review of empirical tests
- 411 Drs. J.C. Caanen en Dr. E.N. Kertzman
Inflatieneutrale belastingheffing van ondernemingen
- 412 Prof. Dr. B.B. van der Genugten
A weak law of large numbers for m -dependent random variables with unbounded m
- 413 R.M.J. Heuts, H.P. Seidel, W.J. Selen
A comparison of two lot sizing-sequencing heuristics for the process industry

- 414 C.B. Mulder en A.B.T.M. van Schaik
Een nieuwe kijk op structuurwerkloosheid
- 415 Drs. Ch. Caanen
De hefboomwerking en de vermogens- en voorraadaftrek
- 416 Guido W. Imbens
Duration models with time-varying coefficients
- 417 Guido W. Imbens
Efficient estimation of choice-based sample models with the method of moments
- 418 Harry H. Tigelaar
On monotone linear operators on linear spaces of square matrices

IN 1990 REEDS VERSCHENEN

- 419 Bertrand Melenberg, Rob Alessie
A method to construct moments in the multi-good life cycle consumption model
- 420 J. Kriens
On the differentiability of the set of efficient (μ, σ^2) combinations in the Markowitz portfolio selection method
- 421 Steffen Jørgensen, Peter M. Kort
Optimal dynamic investment policies under concave-convex adjustment costs
- 422 J.P.C. Blanc
Cyclic polling systems: limited service versus Bernoulli schedules
- 423 M.H.C. Paardekooper
Parallel normreducing transformations for the algebraic eigenvalue problem
- 424 Hans Gremmen
On the political (ir)relevance of classical customs union theory
- 425 Ed Nijssen
Marketingstrategie in Machtspectief
- 426 Jack P.C. Kleijnen
Regression Metamodels for Simulation with Common Random Numbers: Comparison of Techniques
- 427 Harry H. Tigelaar
The correlation structure of stationary bilinear processes

Bibliotheek K. U. Brabant



17 000 01066397 0